

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 02-000316

(43)Date of publication of application : 05.01.1990

(51)Int.Cl.

H01L 21/302  
C30B 33/12  
H01L 21/205  
H01L 21/86

(21)Application number : 63-091703

(71)Applicant : AGENCY OF IND SCIENCE &amp; TECHNOL

(22)Date of filing : 15.04.1988

(72)Inventor : YONEDA KIYOSHI  
MAMENO KAZUNOBU  
KAWAHARA KEITA  
INOUE YASUNORI

(30)Priority

Priority number : 62145244 ???Priority date : 12.06.1987 ???Priority country : JP  
62295379 25.11.1987

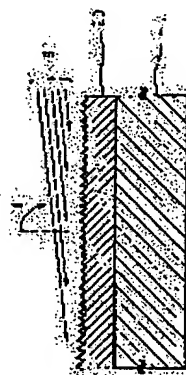
JP

## (54) SURFACE FLATTENING METHOD AND SOI SUBSTRATE FORMING METHOD USING SAID SURFACE FLATTENING METHOD

(57)Abstract:

PURPOSE: To easily flatten a body surface without contaminating the body surface by rotating the body, and projecting an ion beam onto the surface of the body at an incidence angle of about 85° or more with respect to the normal direction of the surface.

CONSTITUTION: A single crystal spinal film 20 formed by CVD method is laminated on a single crystal silicon substrate 1. While the substrate 1 on which the spinal film 20 is formed is rotated in a horizontal plane, an argon ion beam is projected at an incidence angle of 80° or more with respect to the normal direction of the spinal film 20 surface. Thereby, fine unevenness on the spinal film 20 surface is etched and eliminated, so that the spinal film 20 surface can be flattened without contamination of the spinal film 20 surface or exfoliation of the spinal film 20, as observed in the case of the conventional polishing method.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平2-316

⑬ Int. Cl.<sup>5</sup>

識別記号

庁内整理番号

⑭ 公開 平成2年(1990)1月5日

H 01 L 21/302  
C 30 B 33/12  
H 01 L 21/205  
21/86

L 8223-5F  
8518-4G  
7739-5F  
7739-5F

審査請求 有 請求項の数 7 (全11頁)

⑮ 発明の名称 表面平滑化方法及びこの表面平滑化方法を用いるSOI基板の形成方法

⑯ 特 願 昭63-91703

⑰ 出 願 昭63(1988)4月15日

優先権主張 ⑱ 昭62(1987)6月12日 ⑲ 日本(JP) ⑳ 特願 昭62-145244  
㉑ 昭62(1987)11月25日 ㉒ 日本(JP) ㉓ 特願 昭62-295379

㉔ 発 明 者 米 田 清 大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋電機株式会社内  
㉕ 発 明 者 豆 野 和 延 大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋電機株式会社内  
㉖ 発 明 者 河 原 桂 太 大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋電機株式会社内  
㉗ 発 明 者 井 上 恭 典 大阪府守口市京阪本通2丁目18番地 三洋電機株式会社内  
㉘ 出 願 人 工 業 技 術 院 長 東京都千代田区霞が関1丁目3番1号

明 細 書

1. 発明の名称 表面平滑化方法及びこの表面平滑化方法を用いるSOI基板の形成方法

2. 特許請求の範囲

1. 凹凸を有する物体の表面を平滑にする表面平滑化方法において、

前記物体を回転させ、前記物体の表面に、この表面の法線方向に対し約85°以上の入射角にてイオンビームを照射することを特徴とする表面平滑化方法。

2. 単結晶シリコン基板上に単結晶絶縁膜、単結晶シリコン膜をこの順に積層してなるSOI基板を形成する方法において、

前記単結晶シリコン基板上に前記単結晶絶縁膜を形成した後、前記単結晶絶縁膜の表面にイオンビームを照射して該表面を平滑化し、表面が平滑化された単結晶絶縁膜上に前記単結晶シリコン膜を形成することを特徴とするSOI基板の形成方法。

3. 前記単結晶絶縁膜を形成する工程と、前記イオンビームを照射する工程との間に、前記単結晶絶縁膜をアニールする請求項2記載のSOI基板の形成方法。

4. 前記単結晶絶縁膜を酸化性雰囲気中にてアニールする請求項3記載のSOI基板の形成方法。

5. 前記単結晶絶縁膜を約1200℃よりも高い温度にてアニールする請求項3記載のSOI基板の形成方法。

6. 前記イオンビームを、前記表面の法線方向に対し約85°以上の入射角にて照射する請求項2記載のSOI基板の形成方法。

7. 前記イオンビームを照射する際に、前記単結晶絶縁膜が形成された前記単結晶シリコン基板を少なくとも一回転させる請求項2記載のSOI基板の形成方法。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明は、半導体膜、絶縁膜が表面に形成され

た基板等の物体の表面を平滑にする表面平滑化方法、及びこの表面平滑化方法を利用してSOI基板を形成するSOI基板の形成方法に関するものである。

〔従来の技術〕

半導体回路素子の高密度化、高集積化を図るために、基板上に半導体薄膜、絶縁膜を交互に積層し、各半導体薄膜にデバイスを組み込んだ積層構造の半導体立体回路素子の開発が進められているが、この種の半導体立体回路素子を製作する場合、プロセスの中間段階において各半導体薄膜または各絶縁膜の表面に微小な凹凸が生じ、これらの凹凸が残存した状態では、これらの凹凸がその後のプロセスにおける成長膜の膜質に悪影響を及ぼすので、プロセスの途中で凹凸を有する成長膜の表面を平滑化する必要がある。

以下、この表面平滑化の必要性について、基板に単結晶絶縁膜を形成し、更にその上層に単結晶シリコン膜をエピタキシャル成長させてなるSOI (silicon on insulator) 基板を例に挙げて具

体的に説明する。

SOI基板は、特性が優れた集積回路を得るための素子材料として注目され、とくにサファイアを用いたSOS (silicon on sapphire) 基板の場合、浮遊容量の低下による高速化、素子間分離面積の縮小による高集積化が可能になる等の優れた特徴を有している。

ところが、SOS基板の場合、サファイアの大型化が困難であり、しかも高価であるので、最近ではサファイアに代わり、単結晶マグネシアスピネル ( $\text{MgO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$ ) を単結晶絶縁膜として用いたSOI基板形成技術について、盛んに研究、開発が進められている。

そして、従来、単結晶シリコン基板上に単結晶マグネシアスピネル膜を形成する手法として、たとえば特公昭58-55119号公報、特公昭58-55120号公報等に記載されているような、気相エピタキシャル成長法 (以下VPE法という) がよく知られている。

また、イクステンディッド アブストラクツ

オブザフィフティーンスコンファレンス  
オンソリッドステイトデバイスズアンド  
マテリアルズ、トウキョウ、1983、pp31-34

(Extended Abstracts of the 15th Conference on Solid State Devices and Materials, Tokyo, 1983, pp31-34) には、第9図に示すように、単結晶シリコン基板1上に、 $\text{MgC}_2 - \text{Al} - \text{HCl} - \text{CO}_2 - \text{H}_2 - \text{N}_2$ 系のVPE法により単結晶マグネシアスピネル膜2を形成したのち、酸素雰囲気中において1100℃の温度でアニールし、シリコン基板1のマグネシアスピネル膜2との界面を酸化してシリコン酸化膜3を形成し、その後マグネシアスピネル膜2上に単結晶シリコン膜4をエピタキシャル成長させ、マグネシアスピネル膜2とシリコン酸化膜3との2重ゲート絶縁膜により、シリコン基板1と上層のシリコン膜4との間の誘電分離特性の向上を図り、このような2重ゲート絶縁膜を有するSOI基板を用いて作製した集積回路のゲート絶縁特性の向上を図ることが報告されている。

ところで、前記したように、VPE法によりシリ

コン基板1上にマグネシアスピネル膜2を形成したのち、酸素雰囲気中において高温で約2時間アニールを行ったときのマグネシアスピネル膜2の結晶性の变化をX線回折法により調べたところ、第10図に示すようになった。

すなわち、第10図は、アニール前における(400)マグネシアスピネルのX線回折強度を基準とした場合の、各アニール温度でアニールした(400)マグネシアスピネルのX線回折強度の比を示しており、この比が大きいほどマグネシアスピネル膜2の結晶性が増加していることになり、第10図から明らかなように、アニール温度が高いほどマグネシアスピネル膜2の結晶性は良好である。

ところが、1200℃の温度でアニールを行った場合、マグネシアスピネル膜2の結晶性は良くなる反面、第11図の電子顕微鏡写真からわかるように、マグネシアスピネル膜2の表面が荒れて平坦性が悪くなり、しかも第12図のマグネシアスピネル膜2の表面結晶構造を示す反射電子線回折パターンがストリークパターンにならず、1200℃の温度で

アニールしたときのマグネシアスピネル膜2の表面状態および表面の結晶構造とも良好ではないので、このマグネシアスピネル膜2上にエピタキシャル成長させたシリコン膜4の膜質の低下を招くという問題点がある。

一方、1100℃以下の温度でアニールを行った場合には、前記した1200℃の場合に比してマグネシアスピネル膜2の表面の荒れは減少するが、第10図に示すように、アニールによるマグネシアスピネル膜2の結晶性の増加率は1200℃の場合に比べて著しく小さいので、このマグネシアスピネル膜2上にエピタキシャル成長させたシリコン膜4の膜質は十分満足できるものではない。

そして、通常絶縁膜または半導体薄膜の形成プロセスの前段階において、基板表面を鏡面研磨して基板表面を平滑にすることが行われている。

(発明が解決しようとする課題)

しかし、このようにプロセスの途中において、成長膜の表面を平滑化する手法としては、従来前記したような研磨以外に有効な方法はないが、研

磨法の場合、研磨材による成長膜表面の汚染が生じ、成長膜の硬さ、付着強度等により機械的歪みまたは膜の剝離が生じるおそれがあり、しかも研磨を行うごとにプロセスを中断してウエハを研磨装置にセットしなければならない、非常に手間がかかるという問題点がある。

本発明はかかる事情に鑑みてなされたものであり、物体の表面の汚染または物体表面の物理的な変形を招くことなく、容易に物体表面を平滑化できる表面平滑化方法、及びこの表面平滑化方法を用いて、単結晶絶縁の結晶性、表面特性を著しく向上することができ、単結晶シリコン膜の膜質の低下を防ぎ、高品質なSOI基板を得ることができるSOI基板の形成方法を提供することを目的とする。

(課題を解決するための手段)

本発明に係る表面平滑化方法は、凹凸を有する物体を回転させ、該物体の表面に、この表面の法線方向に対し約85°以上の入射角にてイオンビームを照射して表面を平滑化することを特徴とし、

またSOI基板の形成方法は、単結晶シリコン基板上に単結晶絶縁膜を形成した後、該単結晶絶縁膜の表面にイオンビームを照射してこの表面を平滑化し、平滑化した単結晶絶縁膜に単結晶シリコン膜を形成することを特徴とする。

(作用)

本発明の表面平滑化方法では、回転する物体の表面に、該表面の法線方向に対し約85°以上の入射角でイオンビームを照射し、物体の表面方向に略平行にイオンビームを入射する。そうすると、表面方向に対して平行な部分はほとんどエッチングされず、表面方向に対して平行でない凹、凸部分のみがエッチングされることになり、物体の表面の凹凸がイオンビームによるエッチングにより除去され、物体表面が平滑化され、従来の研磨法のように、物体の表面の汚染または物体表面の物理的な変形を招くこともなく、容易に物体表面の平滑化が行われる。

また本発明のSOI基板の形成方法では、単結晶シリコン基板上に単結晶絶縁膜を形成した後、こ

の単結晶絶縁膜にイオンビームを照射する。そうすると、単結晶絶縁膜の表面がイオンビームエッチングにより平滑化されて単結晶絶縁膜の表面特性が向上し、単結晶絶縁膜上に形成される単結晶シリコン膜の膜質の低下が防止され、高品質なSOI基板を得ることが可能になり、このようなSOI基板を用いて集積回路を作製した場合に、素子特性の向上を図れることになる。

(実施例)

以下、本発明をその実施例に基づき具体的に説明する。

第1図は本発明方法の実施状態を示す模式図であり、図中1は面方位(100)の単結晶シリコン基板を示す。単結晶シリコン基板1上にはCVD法により形成された単結晶スピネル膜20が積層されている。第2図は単結晶スピネル膜20の表面状態の電子顕微鏡写真であり、単結晶スピネル膜20の表面には微小な凹凸が存在する。

このような微小な凹凸を除去する手法として、通常半導体膜等のエッチング用のイオンビームミ

リング装置を用いたイオンビームによる微細加工技術が考えられる。

ところで、このイオンビームミリング装置により、各種の物質をエッチングした場合の物質表面の法線方向に対するイオンビームの入射角度とエッチングレートとの関係は、米国コモンウェルズ社公表のカatalogデータによると、第3図に示すようになり、イオンビームの入射角が $0^{\circ} \sim 80^{\circ}$ の範囲において、ほとんどの物質がエッチングされ、入射角が $80^{\circ}$ 以上になると、ほとんどの物質のエッチングレートは急激に減少してあまりエッチングされないことがわかる。

従って本発明方法では具体的には、スピネル膜20が形成された基板1を水平面内において回転させつつ、スピネル膜20の表面の法線方向に対し入射角 $\theta$ が $80^{\circ}$ 以上になるように、アルゴン(Ar)イオンビーム1Bを照射することにより、スピネル膜20の表面の微小な凹凸をエッチングにより除去し、従来の研磨法のように、スピネル膜20の表面の汚染またはスピネル膜20の剝離を招くことなく、

このスピネル膜20上に単結晶シリコン膜を形成しても、当該単結晶シリコン膜の膜質の劣化を招くことがない。

このとき、入射角 $\theta$ が $75^{\circ}$ または $80^{\circ}$ 前後の場合、 $\theta = 60^{\circ}$ の場合に比べてスピネル膜20の表面は平滑になるのは当然であるが、前記したように単結晶シリコン膜を積層形成した場合に、実用上差し支えがない程度の膜質の単結晶シリコン膜を得ることができず、しかもエッチングレートの点からも薄膜表面の平滑化には適さず、入射角 $\theta$ を約 $85^{\circ}$ 以上とすることにより、スピネル膜20の表面の平滑化を効果的にできる。

イオンビームが照射された後のスピネル膜の膜質の評価を第5図に示す。第5図には対照のために、イオンビーム照射前のスピネル膜の膜質の評価も併せて示す。反射電子線回折(RHEED)パターン写真については、エッチング後のスピネル膜ではストリーク状のスポットパターンになっており、非晶質化は起こっておらず表面が平滑になっていることがわかる。X線回折については、エッ

スピネル膜20の表面を平滑化しようとするものである。

アルゴンイオンビーム照射の具体的方法は、以下の如くである。つまり、アルゴンガスをイオン化して $Ar^+$ を得、この $Ar^+$ を引き出し電極から導出させ、中和器(フィラメント)にて中和させた後、Ar原子をスピネル膜20へ照射する。

ところで、アルゴンイオンビーム1Bのエネルギーを500 eV、電流密度を $1.4 \mu A/cm^2$ とし、入射角 $\theta$ をそれぞれ $60^{\circ}$ 、 $85^{\circ}$ 、 $87.5^{\circ}$ としたときのスピネル膜20の表面状態の電子顕微鏡写真を撮影した結果、 $\theta = 60^{\circ}$ 、 $85^{\circ}$ 、 $87.5^{\circ}$ に対してそれぞれ第4図(a)、(b)、(c)に示すようになり、入射角 $\theta$ が $60^{\circ}$ の場合、同図(a)からわかるように、スピネル膜20の表面にはまだ凹凸の存在が認められ、 $\theta = 85^{\circ}$ では、同図(b)からわかるように、スピネル膜20の表面の凹凸がほとんどなくなっておりかなり平滑になり、 $\theta = 87.5^{\circ}$ では、同図(c)からわかるように、さらに平滑になっており、 $\theta$ が約 $85^{\circ}$ 以上のときに平滑な表面のスピネル膜20を得ることができ、

エッチングにより膜厚が減少して回折強度は落ちており、またロッキングカーブ半値幅は僅かに大きくなっている。Mg組成についてエッチング前にMg組成が多いのは、スピネル膜成長時にMgを多く含む層が表面に存在するためであり、エッチング前後においてMg, Al組成比に変化はない。更に電子の結合エネルギー(XPS)については、エッチング前後においてAl, Mg, Oの結合エネルギーの変化は見られず非晶質化は起こっていないことがわかる。

以上のように本発明方法により平滑化したスピネル膜はイオンビーム照射によりダメージを受けていない。従って本発明方法ではスピネル膜にダメージを与えることなく、スピネル膜を平滑化することができる。

次に、イオンビームを照射して平滑化処理を行う際の、基板の回転数と平滑化の程度とについて説明する。第6図(a)~(e)は下記第1表に示す回転条件にて回転しながらイオンビームを照射した後のスピネル膜の表面の電子顕微鏡写真である。



第 1 表

	回転速度 (rpm)	エッチング時間 (分)	総回転数 (回)
(a)	0	16	0
(b)	1/16	10	0.6
(c)	1/16	16	1
(d)	1/6	16	2.7
(e)	1	16	16

第6図から総回転数が1回転以上である場合については、エッチング後のスピネル膜の表面が平滑になっていることがわかる。またイオンエネルギー500eV、電流密度1.4mA/cm<sup>2</sup>条件下では、回転数を十分大きくした場合(4rpm)、10分間のエッチング処理にてスピネル膜に十分な平滑性を得ることができた。このことから平滑化に必要な条件は、エッチング時間は10分以上であって、この間に基板を1回以上回転させることである。

次に上述したような平滑化方法を用いてSOI基板を形成する具体的方法について説明する。

まず、第9図に示す直径3インチの円形の(100)

アルゴン(Ar)イオンビームを照射し、マグネシアスピネル膜2の表面を、2nm/分の速さにて約10分間深さ方向に約20nmイオンビームエッチングして平滑化する。

このとき、イオンビームエッチングを行ったマグネシアスピネル膜2の表面状態は、第7図の電子顕微鏡写真に示すようになり、エッチングを行わない従来の場合を示す第11図の電子顕微鏡写真と比べて明らかなように、イオンビームエッチングにより、マグネシアスピネル膜2の表面の荒れが除去されて平坦になり、しかもイオンビームエッチングを行ったマグネシアスピネル膜2の表面の結晶構造を示す反射電子線回折パターンは、第8図のように単結晶を示すストリークパターンになり、イオンビームエッチングにより、マグネシアスピネル膜2の表面特性が著しく改善されることになる。

そして、平坦化したマグネシアスピネル膜2上に、モノシラン(SiH<sub>4</sub>)の熱分解法により、950℃の成長温度で単結晶シリコン膜4を膜厚2μm

単結晶シリコン基板1を、Al-HCl-MgCl<sub>2</sub>-CO<sub>2</sub>-H<sub>2</sub>系の気相エピタキシャル成長装置の反応室内に収納し、シリコン基板1を920℃に加熱保持し、シリコン基板1上に厚さ200nmの単結晶マグネシアスピネル膜2を成長させる。

次に、シリコン基板1上に成長させたマグネシアスピネル膜2を、酸素雰囲気中において1200℃の温度で2時間アニールし、マグネシアスピネル膜2を通してシリコン基板1のマグネシアスピネル膜2との界面を酸化してシリコン酸化膜3を形成する。

このとき1200℃の高温でのアニールにより、前記した第10図から明らかなように、マグネシアスピネル膜2の結晶性は著しく向上するが、その反面、前記したようにマグネシアスピネル膜2の表面の荒れまたは表面の結晶構造の劣化が生じる。

次に、このようなマグネシアスピネル膜2の表面特性を改善するために、通常のイオンミリング装置により、マグネシアスピネル膜2の表面に、該表面の法線方向に対して85°以上の入射角にて

だけエピタキシャル成長させ、SOI基板を形成する。

ところで、このように酸素雰囲気中、1200℃で2時間アニールしたのち、イオンビームエッチングしたマグネシアスピネル膜2上に成長させたシリコン膜4の結晶性を、Si(422) X線回折のロッキングカーブ半値幅の測定により評価した結果、半値幅は0.10°となり、比較のために、前記と同じアニール条件でアニールし、イオンビームエッチングを行わない単結晶マグネシアスピネル膜上に成長させた単結晶シリコン膜(以下Aのシリコン膜という)と、アニール温度を1100℃とし、イオンビームエッチングを行わない単結晶マグネシアスピネル膜上に成長させた単結晶シリコン膜(以下Bのシリコン膜という)とについて、Si(422) X線回折のロッキングカーブ半値幅を測定したところ、A、Bのシリコン膜夫々の半値幅は0.35°、0.20°となり、前記実施例の場合の半値幅0.10°よりもかなり大きくなる。

これは、Aのシリコン膜の場合、1200℃の高温

第 2 表

	$\mu_{FET}$ ( $\text{cm}^2/\text{Vsec}$ )	$I_{asc}$ ( $\text{pA}/\mu\text{m}$ )	S ( $\text{mV}/\text{dec}$ )
FET (a)	660	15.5	146
FET (b)	337	33.4	421

第2表から理解される如く、本発明により製造されたSOI基板上に形成されたn-MOS FET (FET(a))はその特性が優れており、これはマグネシアスピネル膜の平滑化処理に伴う単結晶シリコン膜の結晶性の向上に起因している。

なお本実施例では酸素雰囲気中にてアニールすることとしたが、他の酸化性雰囲気、例えば水蒸気を含む窒素雰囲気中にてアニールすることとしてもよい。

また本実施例ではスピネル膜等の絶縁膜にイオンビームを照射してその表面を平滑化する例について説明したが、これに限るものではないことは勿論である。

(発明の効果)

以上のように、本発明の表面平滑化方法による

でのアニールにより、表面が荒れたままのマグネシアスピネル膜上に、単結晶シリコン膜を成長させたことにより、単結晶シリコン膜の膜質の低下を招いたためであり、Bのシリコン膜の場合、1100でのアニールにより、表面の荒れは少なくとも結晶性の増加が不十分であるマグネシアスピネル膜上に、単結晶シリコン膜を成長させたことにより、単結晶シリコン膜として十分な膜質のものが得られないためである。

下記第2表は本発明のSOI基板形成方法により形成されたSOI基板(単結晶シリコン膜)上に作成されたn-MOS FET (FET(a))の特性を示す表であり、第2表には参照用として同じアニール条件でアニールし、イオンビームエッチングを行わないマグネシアスピネル膜上に積層された単結晶シリコン膜上に作成されたn-MOS FET (FET(b))の特性も併せて示す。

(以下 余 白)

と、従来の研磨法のように、物体の表面の汚染または物体表面の剝離などの物理的な変形を招くこともなく、容易に物体表面を平滑化することができ、SOI基板または半導体立体回転素子の作製において極めて有効である。

また本発明のSOI基板の形成方法では、単結晶シリコン基板上に単結晶絶縁膜を形成し、単結晶絶縁膜の表面をイオンビームエッチングにより平滑化し、平滑化した単結晶絶縁膜上に単結晶シリコン膜を形成させるので、単結晶絶縁膜の結晶性、表面特性を著しく向上することができ、従来のような単結晶シリコン膜の膜質の低下を防止でき、高品質なSOI基板を得ることが可能となる。また結晶性を高めるべく、単結晶絶縁膜をアニールする場合にはその表面が荒れるが、本発明ではアニール処理後、イオンビームエッチングを行うので、その表面荒れを除去することができ、単結晶シリコン膜の膜質を向上させることができる。従って、本発明方法にて形成されるSOI基板を用いて集積回路を作製した場合には、素子特性の向上を図る

ことができる等、本発明は優れた効果を奏する。

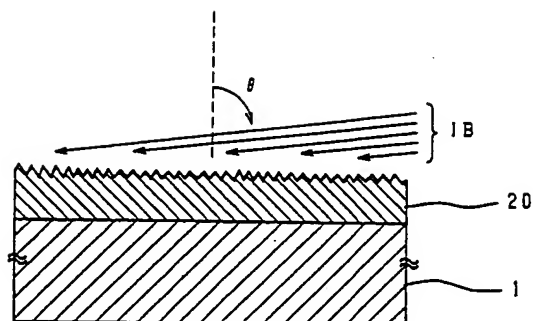
#### 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の表面平滑化方法の実施状態を示す模式図、第2図はイオンビームを照射していない単結晶スピネル膜の表面状態の電子顕微鏡写真、第3図はイオンビームの入射角と各種物質のエッチングレートとの関係を示すグラフ、第4図(a)~(c)は夫々イオンビームの入射角を $60^\circ$ 、 $85^\circ$ 、 $87.5^\circ$ としたときの単結晶スピネル膜の表面状態の電子顕微鏡写真、第5図は単結晶スピネル膜の特性を示す表、第6図は回転数を変動させた場合の単結晶スピネル膜の表面状態の電子顕微鏡写真、第7図は本発明のSOI基板の形成方法における単結晶マグネシアスピネル膜の表面状態の電子顕微鏡写真、第8図は本発明のSOI基板の形成方法における単結晶マグネシアスピネル膜の表面の結晶構造を示す反射電子線回折パターン写真、第9図はSOI基板の断面図、第10図は単結晶シリコン基板上にVPE法により形成した単結晶マグネシアスピネル膜のアニール温度とX線回折強度との関係

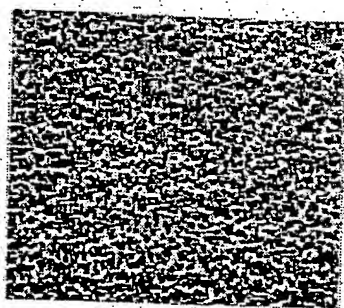
を示すグラフ、第11図は従来方法における単結晶マグネシアスピネル膜の表面状態の電子顕微鏡写真、第12図は同じく反射電子線回折パターン写真である。

1…単結晶シリコン基板 2…単結晶マグネシアスピネル膜 4…単結晶シリコン膜 20…単結晶スピネル膜 IB…アルゴンイオンビーム

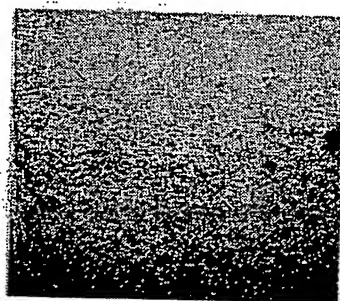
特許出願人 工業技術院長 飯 塚 幸 三



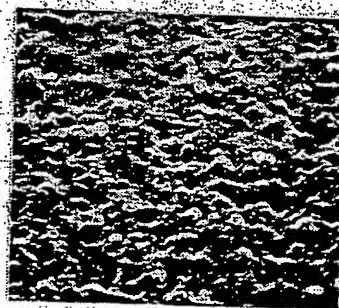
第 1 図



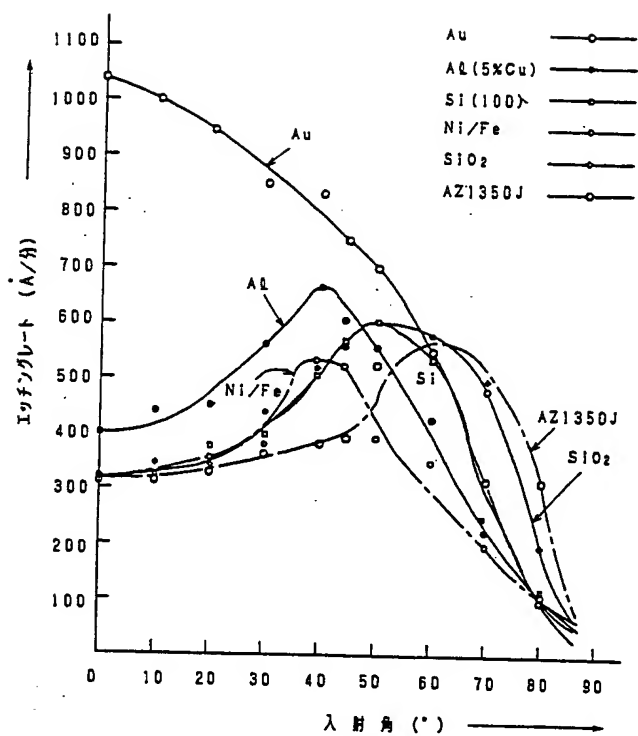
第 2 図



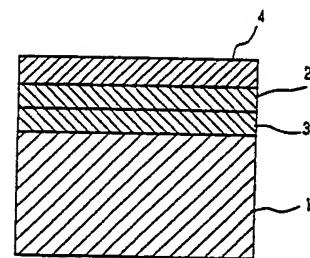
第 7 図



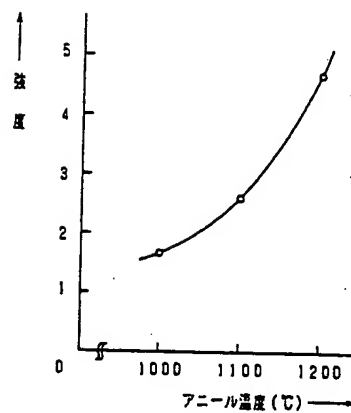
第 11 図



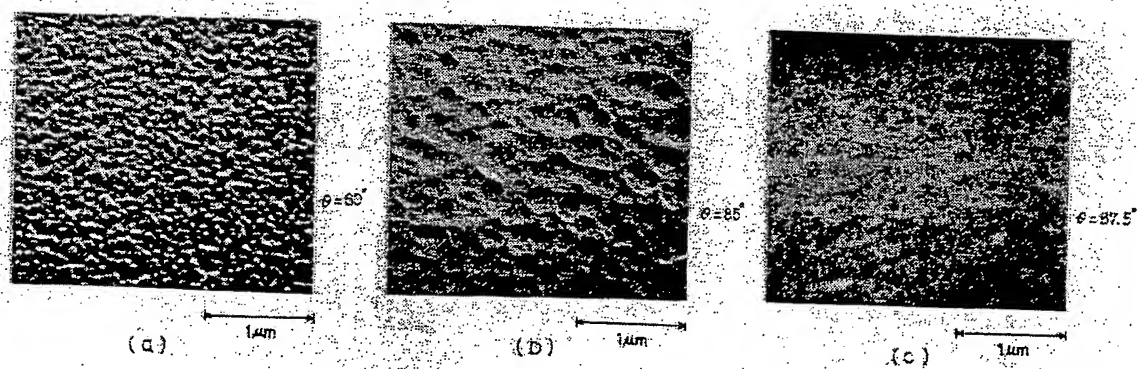
第 3 図



第 9 図



第 10 図



第 4 図

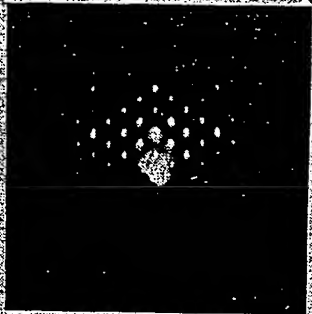
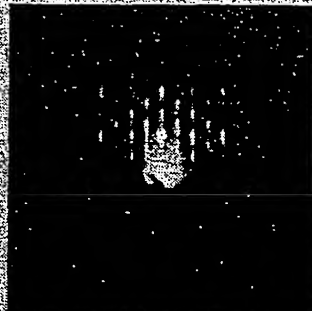
図 5		イオンビーム照射前	イオンビーム照射後
反射電子像 二次電子像 SEM			
X線回折 (ロックアップ 手置機)		2080 cps (2.23°)	4050 cps (2.80°)
Mo組成 (EPMA)		37.5%	33.3%
結合 エネルギー (XPS)	Al <sub>2s</sub>	73.4eV	74.0eV
	Mo <sub>2p</sub>	49.3eV	49.7eV
	O <sub>1s</sub>	530.3eV	530.8eV

図 5

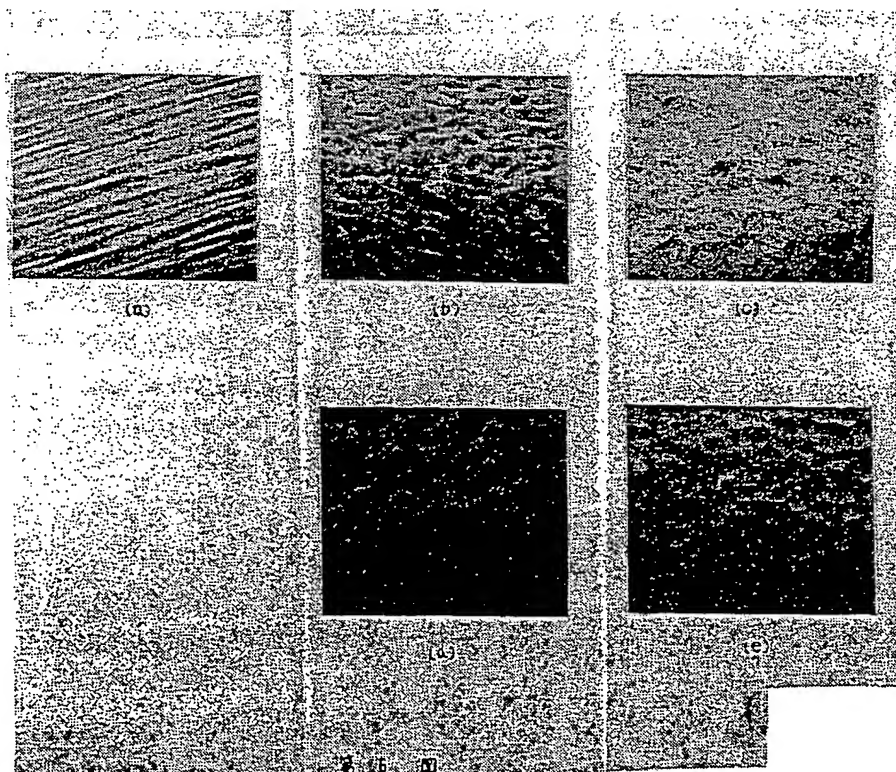
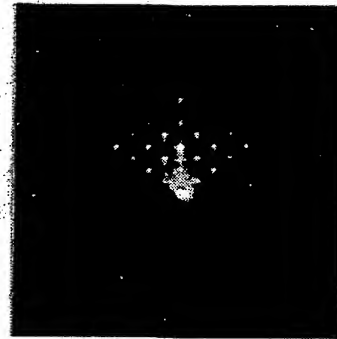


図 6



第 8 図



第 12 図

手続補正書（方式）

昭和63年 9月/4日

特許庁長官 殿

1. 事件の表示

昭和63年特許願第 91703号

2. 発明の名称

表面平滑化方法及びこの表面平滑化方法  
を用いるSOI 基板の形成方法

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住 所 東京都千代田区霞が関1丁目3番

氏 名 (114) 工業技術院長 飯 塚 幸

連絡先（書類送付先）

住 所 同 上

氏 名 工業技術院 次世代産業技術企画官室

電話 03(501)1511 内線4601～5

4. 補正命令の日付

昭和63年 8月11日（発送日63.8.16）

5. 補正の対象

明細書の「図面の簡単な説明」の欄

6. 補正の内容

明細書第22頁第4行～第23頁第4行に「第2図は…（中略）…パターン写真である。」とあるのを以下の文章に訂正する。

「第2図はイオンビームを照射していない単結晶スピネル膜の表面の結晶の構造の電子顕微鏡写真、第3図はイオンビームの入射角と各種物質のエッチングレートとの関係を示すグラフ、第4図(a)～(c)は夫々イオンビームの入射角を60°、85°、87.5°としたときの単結晶スピネル膜の表面の結晶の構造の電子顕微鏡写真、第5図は単結晶スピネル膜の結晶の構造の写真と共に示す特性図、第6図は回転数を変動させた場合の単結晶スピネル膜の表面の結晶の構造の電子顕微鏡写真、第7図は本発明のSOI 基板の形成方法における単結晶マグネシアスピネル膜の表面の結晶の構造の電子顕微鏡写真、第8図は本発明のSOI 基板の形成方法における単結晶マグネシアスピネル膜の表面の結晶の構造の反射電子線回折による写真、第9図はSOI 基板の断面図、第10図は単結晶シリコ



ン基板上に VPE法により形成した単結晶マグネシアスピネル膜のアニール温度とX線回折強度との関係を示すグラフ、第11図は従来方法における単結晶マグネシアスピネル膜の表面の結晶の構造の電子顕微鏡写真、第12図は同じく反射電子線回折による同結晶の構造の写真である。」

7. 添付書類の目録

(1) 上中書

1 通

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**